8Г

УДК 681.32.519.68

Г.В. Горелова, Э.В. Мельник
НИИ многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева
Южного федерального университета, г. Таганрог, Россия
gorelova@at.infotecstt.ru, evm@mvs.tsure.ru

О возможности анализа и синтеза структур отказоустойчивых распределенных информационно-управляющих систем, основанной на когнитивном подходе

Предложен основанный на когнитивном моделировании, планировании эксперимента, моделях вероятностных задач принятия решений метод исследования структур и обоснования решений по выбору структуры отказоустойчивых распределенных информационно-управляющих систем с заданными свойствами.

Введение

Актуальность проблемы надежного функционирования вычислительных систем едва ли, когда бы то ни было, уйдет в прошлое. Ведь помимо причин, связанных с отказами и долговечностью технических устройств, из которых построена система, существенной причиной возникновения проблем надежности сложных технических систем является человеческий фактор [1]. Поэтому не исчезает необходимость решения задач анализа и синтеза, выбора способов повышения надежности, разработки методов повышения отказоустойчивости вычислительных систем [2-4] с учетом и человеческого фактора [1]. Это обусловлено тем, что отказоустойчивые вычислительные системы используются в тех случаях, когда:
– отказ системы может угрожать жизни человека (диспетчерская служба в авиации, управление транспортными средствами, управление атомными электростанциями и системами оружия, системы контроля и жизнеобеспечения больных и т.д.);
– непредсказуемый отказ и простой могут повлечь тяжелые экономические последствия (управление системами коммутации в телефонной и других видах связи, управление производством и распределением энергии, управление технологическими процессами, автоматическая система банковских расчетов и т.д.);
– системы используются в условиях, исключающих возможность их периодического обслуживания человеком (спутники на околоземной орбите, автоматические космические аппараты в межпланетном полете, необслуживаемые подводные станции, станции контроля за состоянием среды в труднодоступных районах).

Во всех названных случаях необходимо принимать во внимание влияние человеческого фактора, а также рисков, связанных с ним, в том числе, на стадии проектирования систем. Для этого предлагается использовать когнитивный подход

(процесс когниции – познания) и основанные на нем методы когнитивного моделирования, активно развивающиеся последнее время [5-7], [10-13]. Когнитивный подход позволяет формализовать слабоструктурированные проблемы сложных систем, существующие в процессе их проектирования и последующего функционирования, и далее уже на формальных моделях проводить необходимые исследования. Последнее особенно важно при изучении и создании различных социотехнических систем, при разработке интеллектуальных систем поддержки управленческих решений.

Постановка задачи разработки когнитивных методов не только анализа, но и синтеза структур специального класса сложных систем – распределенных информационно-управляющих вычислительных систем – потребовала решения ряда сопутствующих задач, в том числе адаптации методов планирования эксперимента и методов моделирования вероятностных задач принятия решений [10-13].

В данной работе представлены некоторые результаты, полученные путем моделирования структур вычислительного устройства (ВУ), порождаемых этими структурами процессов, а также моделирования взаимодействия ВУ с системой решаемых задач. Полученные результаты необходимы на этапе предпроектных исследований при разработке отказоустойчивых распределенных информационно-управляющих систем (РИУС) для решения задач их синтеза в соответствии с требуемыми показателями качества.

Модели и методы исследования и принятия решений

Предпроектные исследования распределенных информационно-управляющих систем целесообразно проводить путем моделирования на основе программных модулей, отображающих ВС и модель задач, что ускоряет и удешевляет процесс испытаний. Опыт использования разработанной программной модели для тестирования разработанных методов и алгоритмов организации отказоустойчивого вычислительного процесса в распределенных системах [10], [11] показал, что желательно создать библиотеку, позволяющую применять соответствующие модели для широкого класса систем. Это обусловлено тем, что такие системы обладают рядом общих свойств, имея при этом существенные различия. Именно обобщение одинаковых свойств в библиотеке позволяет, с одной стороны, избежать повторной разработки соответствующих компонентов каждый раз, с другой стороны, позволяет учесть в разрабатываемой модели особенности конкретного класса систем. Библиотека в рассматриваемом случае должна содержать группы моделей и методов. В том числе: модели и алгоритмы взаимодействия вычислительного устройства и решаемых задач, когнитивные модели (различного типа графы), модели динамики (импульсные процессы на графах) или сценарные модели, модели задач принятия решений, модели и методы планирования эксперимента, методы исследования устойчивости, методы анализа и синтеза структур, методы решения распределительных задач и ряд других. Представим некоторые из них.

I. Когнитивные модели, модели вычислительного устройства и решаемых задач. В последнее время для описания и решения слабоструктурированных проблем сложных систем, к которым относятся и интеллектуальные системы поддержки управленческих решений (в том числе распределенные информационно-управляющие системы), активно применяется когнитивный подход, модели и методы когнитивного анализа и управления ситуациями [5-7]. Наиболее распространенными

когнитивными моделями являются когнитивные карты в виде знакового ориентированного графа, параметрические, векторные и параметрические векторные функциональные графы – *Ф*-графы (1).

$$\Phi_n\langle\langle V, E\rangle, X, F, \theta\rangle, \tag{1}$$

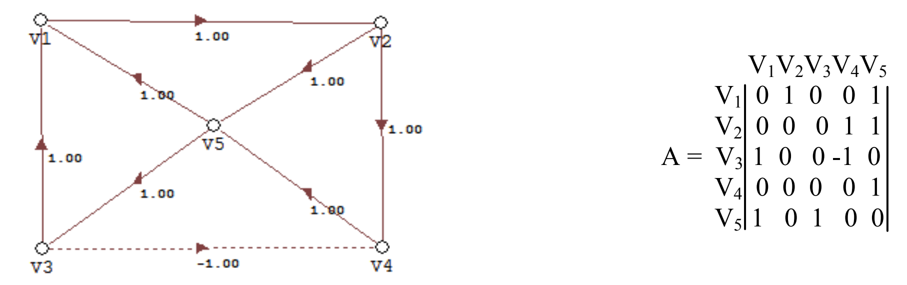
где $G = \langle V, E\rangle$ – когнитивная карта, в которой $V = \{V_i \mid V_i \in V,\ i = 1, 2,\dots,m\}$ – множество вершин, $E = \{e_{ij} \mid e_{ij} \in E,\ i,j = 1,2,\dots,p\}$ – множество дуг; $X: V \to \theta$, X – множество параметров вершин, $X = \{X^{(v_i)} \mid X^{(v_i)} \in \mathrm{X},\ i = 1, 2,\dots,m\}$, $X^{(v_i)} = \{x^{(i)}{}_g\}$, $g = 1,2,\dots,k$; $x^{(i)}{}_g$ – g-параметр вершины V_i, если $g=1$, то $x^{(i)}{}_g = x_i$; θ – пространство параметров вершин; $F = F(X, E) = \mathrm{f}(x_i, x_j, e_{ij})$ – функционал преобразования дуг, F: $E\times X\times\theta\to R$. Определение параметров характеристики $f_{ij} = f(x_i, x_j, e_{ij})$ включает: определение шкалы, показателей, метода, точности, единицы измерения.

Когнитивная карта может быть представлена также матрицей отношений

$$A = [a_{ij}]_{m\times m},\ a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } V_i \text{ связано с } V_j \\ 0, \text{в противном случае} \end{cases}.$$

Отношение a_{ij} может принимать значение «+1», «–1» или быть f_{ij}.

На рис. 1 представлен пример одной из возможных когнитивных карт, построенной в программной системе когнитивного моделирования ПС КМ [3].



$$A = \begin{array}{c|ccccc|} & V_1 & V_2 & V_3 & V_4 & V_5 \\ V_1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ V_2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ V_3 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ V_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ V_5 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array}$$

Рисунок 1 – Пример когнитивной карты G1

Идея взаимодействия моделей многопроцессорного вычислительного устройства, решаемых задач, управляющих воздействий и возмущений, обусловленных человеческим фактором («экспертом» в модельном эксперименте), представлена схемой на рис. 2.

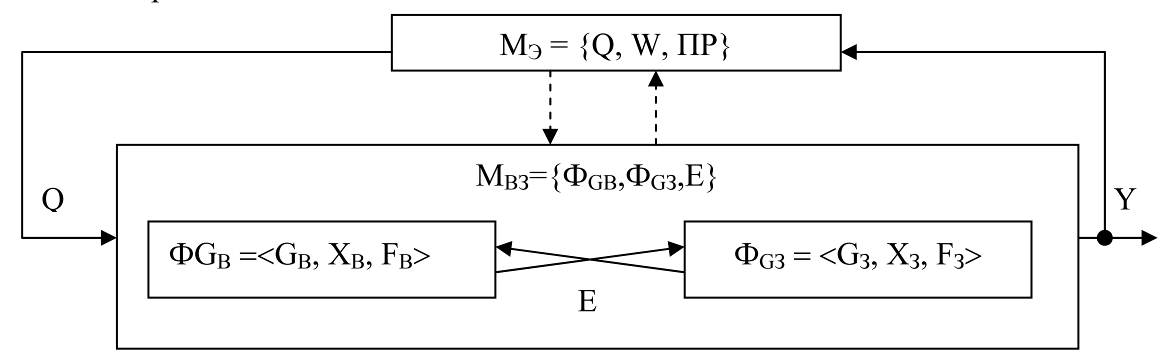


Рисунок 2 – Схема взаимодействия моделей вычислительного устройства, задач и эксперта

$$\mathrm{M}_{\text{ВЗ}} = \{\Phi_{GB}, \Phi_{G3}, \mathrm{E}\}, \tag{2}$$

где $M_{ВЗ}$ – модель взаимодействия графа вычислительного устройства $Ф_{GВ}$ и графа задач $Ф_{GЗ}$, являющаяся объектом исследования.

Модель вычислительного устройства $Ф_{GВ}$ задана структурой в виде *Ф*-графа

$$\Phi_{GB} = \langle G_B, X_B, F_B \rangle, \quad (3)$$

где $G_В = <V_В, E_В>$ – неориентированный граф, $V_В = \{V_{Вi}\}$, $i = 1,2,\ldots,m$; $E_В = \{e_{ij}\}$, $i,j = 1,2,\ldots p_В$; $X_В$ – множество параметров вершин $V_В$; $X = \{x_g^{(Vв)}\}$, $g = 1,2,\ldots,l$; $F_В = F(X, E)$ – функционал преобразования дуг, в данном случае ставящий в соответствие каждой дуге весовой коэффициент $w_{вij}$.

Поступающая на вход ВУ задача представляется ориентированным ациклическим *Ф*-графом $ФG_З$, вершинам и дугам которого присваиваются различные веса:

$$\Phi_{GЗ} = \langle G_З, X_З, F_З \rangle, \quad (4)$$

где $G_З = <V_З, E_З>$, $G_З$ – ориентированный однонаправленный граф задач; $V_З = \{V_{Зi}\}$, $i = 1,2,\ldots,n$; $E_З = \{e_{ij}\}$, $i,j = 1,2,\ldots,p_З$; $X_З$ – множество параметров вершин $V_З$, $X_З = \{x_g^{(Vзi)}\}$, $g = 1,2,\ldots,k_З$; $F_З = F(X_З, E_З) = f(x_{зi}, x_{зj}, e_{зij})$ – функционал преобразования дуг, ставящий в соответствие каждой дуге весовой коэффициент $\omega_{зij}$.

$E = \{e_{ВiЗj}\}$, $i,j = 1,2,\ldots,p_{вз}$ – множество дуг, связывающих вершины графа задач с вершинами графа вычислительного устройства. Агенты вычислительного устройства оптимизируют суммарное время решения поступающих на вход взаимосвязанных задач, распределяя и перераспределяя их между собой по определенному алгоритму Alg.

Модель эксперта

$$М_Э = \{Q, W, ПР\}. \quad (5)$$

В данном случае модель (5) отображает только возникающую в процессе познания объекта реакцию эксперта в виде управляющих воздействий *Q* (план эксперимента *X*), случайных возмущений *W*, имитирующих различные риски, и правила принятия решений *ПР*.

Таким образом, входами модели $M_{ВЗ}$ являются изменяемые по разработанному плану эксперимента параметры моделей $G_В$ и $G_З$ – факторы $X = (x_i)$ (такие, как производительность агентов, пропускная способность каналов обслуживания, трудоемкость и поток задач и др.).

Выходами модели являются параметры $Y = (y_1,..., y_i,..., y_m)$ – численные характеристики целей исследования (время решения задачи, надежность, отказоустойчивость, работоспособность системы и др.).

В процессе исследования изменялись структуры $ФG_В$ и $ФG_З$ (модели $M(m–n)$, *m* агентов – *n* задач), варьировались уровни факторов *X* на границах и в пределах определенного пространства эксперимента. Исследование графа $G_В$ включало анализ его структуры – связности и сложности графа, его топологический анализ – анализ симплициальных комплексов и их *q*-связности [3], [8], а также анализ импульсных процессов, порождаемых внесением *Q* и *W*.

II. Модель импульсного процесса. В качестве модели импульсного процесса использовалась известная формула [2], [3]. Если параметр x_i зависит от времени, т.е. $x_i(t)$, $t = 1,2,3,...$ то можно определить процесс распространения возмущения по графу, т.е. переход системы из состояния $t–1$ в t, $t+1$,… Пусть значение $x_i(t+1)$ в

вершине v_i зависит от $x_i(t)$ и от вершин, смежных с V_i. Пусть V_i смежна с V_j, пусть $P_j(t)$ – изменение в вершине V_j в момент времени t, тогда влияние этого изменения на параметр x_i в момент t будет описываться функцией $\pm p_j(t)$ в зависимости от знака дуги, соединяющего V_i и V_j.

В общем случае, если имеется несколько вершин Vj, смежных с Vi, процесс распространения возмущения по графу определяется правилом:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j=1}^{k-1} f(x_i, x_j, e_{ij}) \mathrm{P}_j(t)$$

при известных начальных значениях $X(0)$ во всех вершинах и начальном векторе возмущения $P(0)$. В моделях этого типа функции f, характеризующие взаимовлияние смежных вершин, могут определяться либо экспертно, либо статистическими методами. В такие модели могут вводиться еще и лаги, т.е. задержки передачи воздействия по каждой дуге во времени.

Моделирование можно проводить шагами или импульсами. Суть такого моделирования состоит в том, что в одной из вершин графа задается определенное изменение. Эта вершина актуализирует всю систему показателей, т.е. связанных с ней вершин, в большей или меньшей степени. Таких вершин может быть несколько.

Так как в графе импульс в импульсном процессе представляется упорядоченной последовательностью без привязки ко времени, то можно использовать запись формул «в n-й момент времени». Тогда:

$$x_i(n+1) = x_i(n) + \sum_{v_j : e = e_{ij} Œ}^{k-1} f(x_i, x_j, e_{ij}) P_j(n) + Q_i(n+1), \qquad (6)$$

где $x(n)$, $x(n+1)$ – величины показателя в вершине V при шагах имитации в момент $t = n$ и следующим за ним $t = n+1$. Формула (6) – это правило (PR) изменения параметров в вершинах в момент t_{n+1},

Таким образом, модель импульсного процесса – это кортеж $<Ф, Q, PR>$, где $Ф=<(V, E), X, W>$, $Q = Q(t_n)$ – последовательность возмущающих воздействий, PR – правило изменения параметров. При этом последовательность $<n, X(t_n), Q(t_n)>$ является модельным представлением временной системы $<t_n, S_n, B_n>$.

В целях проведения вычислительного эксперимента математическая модель импульсных процессов может быть представлена в виде:

$$X_n = X_{n-1} + AR_{n-1} + Q_{n-1}, \qquad (7)$$

где $X_n = \{x_n\}_{i=1}^k$, $n = 0,1, 2,\ldots,$ – вектор значений параметров x_{in} вершин V_i в момент t_n; $Q_n = \{q_n\}_{i=1}^k$, $n = 0,1, 2,\ldots,$ – вектор внешних импульсов q_{it}, вносимых в вершины V_i в момент времени t_n; $R_n = \{\Delta_n\}_{i=1}^k$– вектор параметров вершин в момент времени t_n, который задается уравнением:

$R_n = A^{n-1}Q_0 + A^{n-2}Q_1 + \ldots + AQ_{n-2} + IQ_{n-1}$, I – единичная матрица.

Пример импульсного процесса на когнитивной карте $G1$ (рис.1) при внесении возмущения $q_5 = +1$ представлен рис. 3.

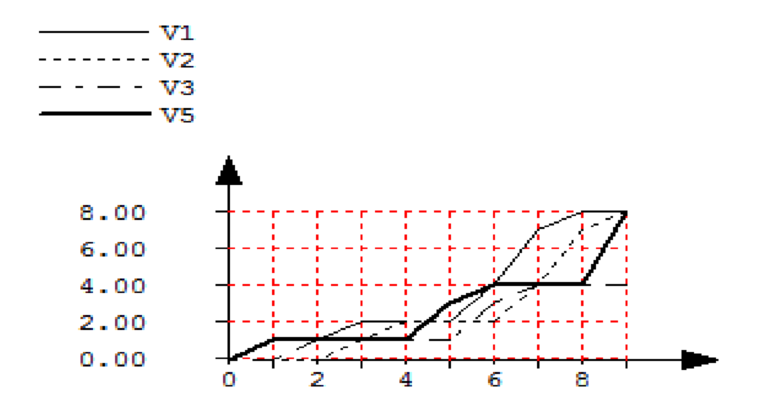


Рисунок 3 – Пример фрагмента импульсного процесса, порождаемого импульсом $q_5 = +1$

III. Анализ структуры. Симплициальные комплексы. Анализ структуры графов G_B и $G_З$ помимо исследования связности, путей и циклов, включает полиэдральный анализ (q-анализ связности) [4], [9] симплициальных комплексов. Основы топологического исследования сложных систем на основе изучения их структурных свойств были заложены в 60 – 70-е годы прошлого столетия. В настоящее время показана эффективность использования симплициальных комплексов для моделирования свойств связности различных сетей взаимодействующих элементов (подсистем, сущностей...), таких, как коммуникации, трафики, биологические сети, сети распределенных алгоритмов. Методика анализа q-связности позволяет судить о связности системы более глубоко, нежели традиционные исследования связности графа, поскольку при этом устанавливается наличие взаимовлияния симплициальных блоков системы через цепочку связей между ними. На основании таких возможностей предлагаются формализованные правила обоснования выбора целевых и управляющих вершин, определение устойчивости систем, характеризуемых теми или иными симплициальными комплексами, условия структурной устойчивости систем. Определение числа симплексов и их структуры, анализ q – связности системы позволяют выдвигать обоснования для решения задач декомпозиции и композиции изучаемой сложной системы, выявлять симплексы, более всего влияющие на процессы в системе и образующие вершины которых рациональнее выбирать в качестве управляющих. Q – анализ позволяет раскрыть многомерную геометрию сложных систем, проследить влияние различных локальных изменений на структуру системы в целом, остановить внимание именно на структурных особенностях системы, что не выявляется при других подходах. Использование этого метода для анализа структурно-сложных систем позволяет по другому подойти к самому определению понятия «сложность», более глубоко вскрыть роль отдельных элементов и их влияние на остальные элементы системы.

В симплициальном (полиэдральном) анализе система рассматривается в виде отношения между элементами конечных множеств – множества вершин V и заданного семейства непустых подмножеств этих вершин – симплексов σ. Множества вершин и соответствующих им симплексов образуют симплициальные комплексы K. Для их построения используется структура системы, заданная в виде графа $G = \langle V, E \rangle$, $V = \{V_i, V_j\}$, $E = \{e_{ij}\}$, $i,j = 1,2,\ldots,k$. Симплекс обозначается $\delta^{(i)}_r$, где i – номер вершины, а r – геометрическая размерность симплекса. Число r определяется числом дуг,

соединяющих вершины V_j в симплексе через вершину V_i. Число r (число дуг, инцидентных V_j) на единицу меньше числа единиц («1») в соответствующей i-строке матрицы Λ. Структура системы служит основанием для геометрического и алгебраического ее представления, как симплициального комплекса. Любое отношение $\lambda = a_{ij}$ в системе представляется таким образом, что множество элементов, относимых к конкретному элементу V_i (вершине, концепту графа), трактуется как симплекс $\delta^{(i)}{}_r$, а их совокупность образует симплициальный комплекс K. Возможно построение симплициальных комплексов как по фактор-строкам X матрицы отношений Λ графа G, так и по ее Y фактор-столбцам, т.е. $K_x(Y, \lambda)$ и $K_y(X, \lambda^*)$ соответственно. Иногда $K_y (X, \lambda^*)$ может быть более содержательным, чем $K_x (Y, \lambda)$. Итак, симплициальный комплекс состоит из множества вершин $\{V_i\}$ и множества $\{\delta^{(i)}{}_r\}$ непустых конечных подмножеств множества $\{V_i\}$, называемых симплексами, таких, что любое множество, состоящее ровно из одной вершины, является симплексом; любое непустое подмножество симплекса является симплексом, а также пустое множество симплексов является симплициальным комплексом. Таким образом, симплициальный комплекс получается путем разбиения некоторого пространства X на пересекающиеся подмножества (как известно, пространство, допускающее такое разбиение, называется полиэдром, а процесс его разбиения – триангуляцией).

Симплициальный комплекс является математическим обобщением планарного графа, который отражает многомерную природу рассматриваемого бинарного отношения. Поскольку симплициальный комплекс – это семейство симплексов, соединенных посредством общих граней (в том числе, общей вершиной – точкой), то характеристикой связности может служить размерность грани, общей двум симплексам. Но поскольку существует комплекс как целое, то для анализа связности используется понятие «цепь связи». Цепь q-связи отражает возможность того, что два симплекса, непосредственно не имея общей грани, могут быть связаны при помощи последовательности промежуточных симплексов.

Для графа $G1$ (рис. 1) симплициальный комплекс $K_x(Y, \lambda)$ будет следующим:

$$K_x(Y,\lambda) = \{\delta^{(1)}{}_1;\ \delta^{(2)}{}_1;\ \delta^{(3)}{}_1;\ \delta^{(4)}{}_0;\ \delta^{(5)}{}_1\}.$$

Различные топологические структуры графа G порождают многообразные импульсные процессы на них. Результаты исследований влияния изменений структуры на импульсные процессы и устойчивость системы систематизированы в [4]. В этой работе изучены свойства различных простых структур (например, типа цепь, треугольник, треугольники, соединенные через вершину, грань и т.д.). Выявленные при этом закономерности свойств позволяют перейти к синтезу из простых более сложной структуры, которая обладала бы желаемыми качествами Y и $Y(t)$.

Выбор среди многих альтернативных структур (количества агентов вычислительной системы, т.е. вершин графа Φ_{GB}, связей между ними и др.) требует применения определенного критерия выбора. В качестве такого критерия был использован критерий максимизации функции эффективности оптимума номинала [12].

IV. Модель вероятностной задачи принятия решений. При вариациях структуры графовых моделей, их параметров, правил взаимодействия Φ_{GB} и Φ_{G3}, при изменениях управляющих и возмущающих воздействий Q и W могут быть получены различные реализации импульсных процессов, которые будут обладать разной «полезностью» в глазах эксперта с точки зрения обеспечения отказоустойчивости и других показателей

надежности исследуемой распределенной вычислительной системы. Вероятностный характер происходящих в системе процессов позволяет представить модель задачи выбора решений моделью задачи оптимума номинала [12], [13]

$$\varphi\left(M_h, t\right) = \iint\limits_S ..\int C\left(Y\right) f\left(Y, M_h, t\right) dcdYdt, \qquad (8)$$

$$M_h = \eta\left(Q, t\right), h = 1, 2, ...k, \qquad (9)$$

$$Q \in Q_{доп}\ ;\ \ Y \in Y_{доп}, \qquad (10)$$

где $\varphi\,(M_h,t)$ – функция эффективности оптимума номинала от параметров M_h распределения случайных выходных величин Y и времени t; $f(Y,M_h,t)$ – плотность распределения Y, $C(Y)$ – полезность областей S значений Y.

Выражение (8) является формулой определения математического ожидания полезности, (9) – ограничения на целевую функцию φ в виде зависимости параметров M_h распределения целевых показателей Y от управляющих факторов Q, (10) – ограничения на параметры X и Y. Выражения (8) – (10) являются моделью принятия решений в условиях вероятностной неопределенности. Выбор лучшего решения (9) можно производить по критерию максимизации математического ожидания полезности (в данном случае функции эффективности оптимума номинала)

$$\max\left\{\ \varphi\left(M_h, t\right) = \iint\limits_S ..\int C\left(Y\right) f\left(Y, M_h, t\right) dcdYdt\ \right\}. \qquad (11)$$

V. Планирование эксперимента. При анализе моделей $M_{ВЗ} = \{\Phi_{GB}, \Phi_{GЗ}, E\}$, проводимом в целях изучения возможностей вариантов проектируемой системы и перехода к решению задачи синтеза системы с желаемыми качествами Y, в виду большого количества варьируемых условий необходимо минимизировать перебор вариантов эксперимента. Поэтому испытания на программных модулях в виду большого количества варьируемых факторов потребовало применения методов планирования эксперимента и последующего отсечения неэффективных с позиций качества системы (например, оптимальной скорости решения задач при отказах отдельных элементов) результатов. Был необходим поиск компромиссных решений между сложностью вычислительного устройства, его стоимостью и обеспечением необходимого уровня безопасности объекта, для которого проектируется система управления. Поскольку успешное достижение такой цели зависит от большого количества факторов, прямой перебор которых явно не эффективен, было необходимо планировать эксперимент, существенно сокращающий число опытов. Для этого были использованы идеи и методы активного эксперимента [8], с учетом которых была разработана программа исследований, позволяющая решать поставленные задачи [9].

Схема анализа и синтеза структур сложных систем

Применение представленных выше моделей для решения задач анализа и синтеза сложной системы может быть выстроено в нижеследующую логическую схему (рис. 4). Ее особенностью является учет и имитация на каждом этапе исследования эффекта человеческого фактора, планирование воздействий и возмущений, которые эксперт или ЛПР осознанно или нет (в виде того или иного закона распределения $f(W)$ может внести в систему.

Рис. 5 иллюстрирует 2 и 3 пункты 3-го этапа проектирования системы. На нем представлено пространство полного факторного эксперимента в сериях с постепенным выбыванием агентов из строя (изменение структуры графа $ФG_3$ для решения задачи исследования отказоустойчивости системы). На рис. 5: X_1 – производительность агентов, X_2 – пропускная способность каналов обслуживания, X_3 – трудоемкость задач. Знаки «+» и «–» обозначают верхний и нижний уровни соответствующих факторов, порядок знаков совпадает с порядком X_1, X_2, X_3. В вершинах куба помещаются численные значения показателя Y, полученные в процессе эксперимента под воздействием ЛПР.

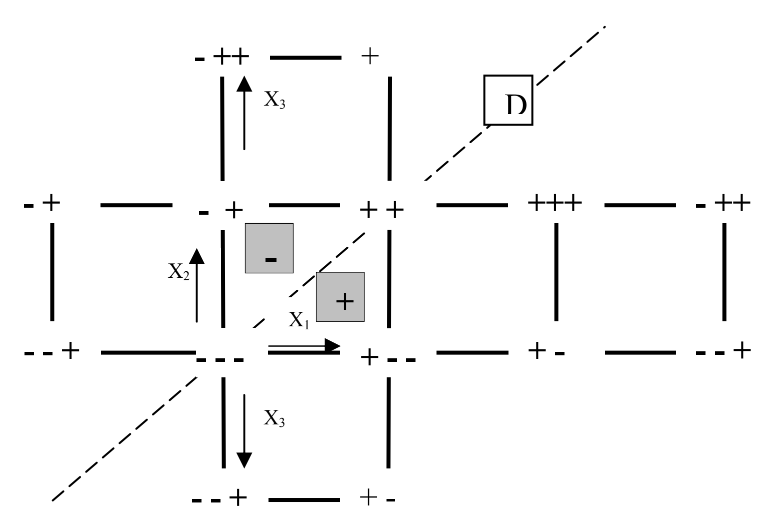


Рисунок 5 – Пространство эксперимента для трех факторов X_1, X_2 и X_3

Развертка куба в пространстве эксперимента для трех факторов графически иллюстрирует выводы, полученные в процессе исследования области допустимых и недопустимых условий функционирования системы M_{B3}. Так, для всех серий опытов была выявлена закономерность нахождения худших (–) и лучших (+) условий по обе стороны разделяющей диагональной плоскости D и тем самым было определено допустимое множество моделей M''_{B3}.

Заключение

При проектировании и отладке сложных систем приходится встречаться со множеством проблем, которые приходится решать без применения формальных методов. Если стремиться «автоматизировать» интеллектуальные действия эту ситуацию в определенной мере можно изменить, применяя совокупность приемов и методов принятия решений на этапах анализа и синтеза сложных систем. В данной статье кратко представлены основные направления и очерчены контуры возможной системы автоматизации действий разработчика сложной системы, основанные на когнитивном подходе и использовании когнитивных интеллектуальных технологий.

Литература

1. Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.И. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. – 496 с.
2. Труханов В.М. Надежность технических систем. – М.: Машиностроение-1, 2008. – 585 с.
3. Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем: Учеб. пособие. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 512 с.

4. Хорошевский В.Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. – М.: Радио и связь, 1987.
5. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию // Сб. трудов 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2001). – Т. 1. – М.: ИПУ РАН. – 2001. – С. 4-18.
6. Кузнецов О.П., Кулинич А.А., Марковский А.В. Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт // Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.И. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. – С. 313-345.
7. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.
8. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965.
9. Atkin R.H., Casti J. Polyhedral Dynamics and the Geometry of Systems, RR-77-6 // International Institute for Applied Systems Analysis. – Laxenburg (Austria). – March, 1977.
10. Горелова Г.В., Мельник Э.В. Исследование отказоустойчивости на моделях средств поддержки управленческих решений в системах управления безопасностью методами планирования эксперимента // Труды 15 Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем. – Ч. 2. – М.: Изд. Центр РГГУ. – 2007. – С. 75-78.
11. Горелова Г.В., Мельник Э.В., Радченко С.А. Анализ взаимодействия сложных систем на имитационных динамичных когнитивных моделях // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы». – Донецк-Таганрог-Минск: Наука і освіта. – 2007. – С. 17-22.
12. Горелова Г.В., Свечарник Д.В., Здор В.В. Метод оптимума номинала и его применения. – М.: Энергия, 1970. – 200 с.
13. Горелова Г.В., Буянов Б.С., Верба В.А. Формализация вероятностных задач принятия решений в интеллектуальных системах на основе когнитивного подхода // Искусственный интеллект. – 2007. – № 3. – С. 147-158.

Г.В. Горелова, Е.В. Мельник

Про можливість аналізу і синтезу структур відмовостійких розподілених інформаційно-керуючих систем, засновану на когнітивному підході

Запропонований заснований на когнітивному моделюванні, плануванні експерименту, моделях імовірнісних завдань ухвалення рішень метод дослідження структур і обґрунтування рішень по вибору структури відмовостійких розподілених інформаційно-керуючих систем, із заданими властивостями.

Статья поступила в редакцию 23.07.2008.

8Г

Эксперт, ЛПР

$M_Э$ = {Q, W, ПР}. Когнитивный анализ и синтез

1-й этап проектирования и принятия решений (доформальный анализ и синтез):

Формирование начальной модели $M'_{ВЗ}$={$Ф_{GB}$,$Ф_{GЗ}$,E}

Разработка исходной структуры

$ФG_B$ =<G_B, X_B, F_B>

(определение начального m=? числа вершин – агентов; задание числа дуг p_B = m для распределенных систем с децентрализованным управлением; задание множества параметров вершин $\{x_g^{(Vвi)}\}$, g=1,2,…,k_B; задание весовых коэффициентов $w_{вij}$)

Определение структуры класса задач

$ФG_З$ =<$G_З$, $X_З$, $F_З$>

(определение начального n=? числа вершин – подзадач; задание числа дуг $p_З$; задание множества параметров вершин $\{x_g^{(Vзi)}\}$, g=1,2,…,$k_З$; задание весовых коэффициентов $\omega_{зij}$)

Задание алгоритма Alg оптимизации перераспределения подзадач $ФG_З$ между агентами вычислительного устройства (при этом: E=var)

2-й этап проектирования и принятия решений (формальный анализ):

1) анализ структуры и динамических свойств модели $M'_{ВЗ}$ *(анализ связности графа, симплициальный анализ, планирование эксперимента при внесении возмущений Q, W, импульсное моделирование – при помощи программной системы ПС КМ);*

2) выбор типа модели $M_{ВЗ}$ = {$Ф_{GB}$, $Ф_{GЗ}$, E}и анализ простейших структур (подграфов графа $M_{ВЗ}$), ее составляющих

3-й этап проектирования и принятия решений (анализ):

1) планирование эксперимента на модели $M_{ВЗ}$ = {$Ф_{GB}$,$Ф_{GЗ}$,E} *(определение пространства эксперимента: параметров вершин $\{x_g^{(Vвi)}\}^* \subseteq \{x_g^{(Vвi)}\}$, $\{x_g^{(Vзi)}\}^* \subseteq \{x_g^{(Vзi)}\}$, граничных значений параметров x_{max}, x_{min}; выбор плана эксперимента);*

2) проведение вычислительного эксперимента;

3) анализ полученных значений показателей надежности Y, отсечение неперспективных вариантов, выбор допустимого множества моделей $M''_{ВЗ}$= {$Ф_{GB}$, $Ф_{GЗ}$, E}, анализ простейших структур, составляющих граф $M''_{ВЗ}$

4-й этап проектирования и принятия решений (синтез):

1) планирование эксперимента при внесении возмущений Q, W на графе $M''_{ВЗ}$ и его простых структурах;

2) оценка семейства импульсных процессов на графе $M''_{ВЗ}$ и его простых структурах с помощью функции эффективности оптимума номинала;

3) синтез лучшей структуры, соответствующей заданным характеристикам надежности РИУС и параметрам функционирования

5-й этап: Исследование свойств РИУС